

船舶起源PMの計測と低減に関する研究

著者	津田 稔
学位名	博士（工学）
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2014
学位授与番号	12614博甲第342号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001037/

博士学位論文内容要旨 Abstract

専攻 Major	応用環境システム学専攻	氏名 Name	津田 稔
論文題目 Title	船舶起源 PM の計測と低減に関する研究		

我が国は、食料やエネルギーをはじめとするほとんどの原料を海外に依存している。また、工業製品の原材料を輸入しこれらを加工して輸出しているが、量的にみるとそのほとんどを海上輸送が担っている。国内においても輸送量・距離当たりの排気エミッション排出量が少ない輸送手段として環境面からの優位性が評価されている。このように、国内外を問わず大量物資の長距離輸送において船舶に代わるものはない。これらの船舶の推進用及び発電機用原動機として使用されているディーゼル機関（以後、船用ディーゼル機関と記す）は、出力が数十 kW から数万 kW まで広範囲で、安価な C 重油が使用できるという特徴を持つとともに、熱効率が 50%を超えるものもあり、四方を海に囲まれた我が国の物流を支える原動力であるといえるが、その副産物ともいえる船用ディーゼル機関から排出される CO₂, NO_x, SO_x, PM 等が大気環境を汚染している。1990 年代からこれが国際的に問題視され、国際海事機関 (IMO: International Maritime Organization) における国際的な規制や、北海やバルト海等における地域的な規制が強化されつつある。また、近年、経済的な視点から北極海航路の開設が検討されているが、船舶から排出される大気汚染物質が周辺地域の生態系に及ぼす影響が懸念されている。その中でも特に PM 中に含まれる黒煙 (Soot) が周辺地域の氷を溶かすことによる地球環境への影響が問題視されつつある。

このような状況の下、本研究では、まず、第 3 章において、船用ディーゼル機関から排出される PM の高精度計測を目的として、計測条件が PM 計測値に及ぼす影響を検討し、改良型 PM 計測システムの開発を行った。PM は JIS/ISO により「濾過した清浄な空気中、一次フィルタの直前において、325K (52℃) 以下まで希釈した排気から、決められたフィルタに捕集されるすべての物質。」と定義されている。そのため、PM の排出量を測定するうえで、PM 捕集システムが必要である。また、「この規格で規定する粒子状物質測定法は、燃料油中の硫黄含有率が 0.8% 以下まで有効であることを確認している。0.8% を超える場合には、測定方法について受渡当事者間で協議することが望ましい。」との記載があるが、ほとんどの外航船舶と半数以上の内航船舶が燃料油として使用している C 重油の硫黄分はこの値より大きい。そのために、PM の計測が困難とされている。これらのことから、船舶から排出される PM を計測する際の問題点について検討するとともに、計測条件が PM 計測値に及ぼす影響について、JIS に準拠した全量捕集方式の分流希釈システムを用いて各種の実験を行い検討した。その結果、いずれの計測条件においても希釈率が PM 計測値に及ぼす影響が大きいことが分かった。そこで、PM 計測値が希釈率によって変化する理由について検討するとともに、希釈率を変化させても PM 計測値の変化割合が小さい構造を持つ希釈トンネル（改良型 PM 計測システム）を開発した。また、排気管に挿入した採取プローブに直接希釈トンネルを取り付ける構造の PM 計測システムを設計するとともに、PM の管壁付着の有無が観察できるように、採取プローブからフィルタホルダに至るライン全体をガラス製とした希釈トンネルを作製し、PM の挙動を観察した。さらに、これらの結果をもとに、実船に搭載可能な高精度 PM 計測システムを作製して、A 重油と C 重油を燃料油とする主機関を搭載する実船において、計測精度の確認を行った。

次に、第4章においては、前章において開発したC重油を使用するディーゼル機関から排出されるPMの計測が可能な、改良型PM計測システムと高精度PM計測システムを用いて実験室に設置された機関および実船に搭載された機関を対象として、PM計測を実施し、排出特性について検討するとともに、PMの成分分析を行った。また、実験で得られた指圧線図の解析をすることにより、それぞれの機関から排出されるPMの生成機構に関する考察を行った。

また、第5章においては、触媒を用いない船用ディーゼル機関用の独自のディーゼルパティキュレートフィルター（DPF）開発に取り組み、実験室に設置された小型高速ディーゼル機関とC重油を使用する大型低速ディーゼル機関から排出されるPMの低減効果を明らかにするとともに、DPFの再生に関する基礎実験の結果を活かした2種類（電気式再生法と燃焼式再生法）の再生器付DPFを開発するとともにその性能評価を行った。

さらに、第6章においては、船舶の機能は大量物資の遠距離輸送と考え、船の抵抗と推進理論に基づき、船舶から排出されるPMの評価方法について検討した。その結果、“船舶から排出されるPMを適正に評価するには、機関単体による評価である出力・時間当たりの排出量を用いるよりも、これに船舶の推進性能に係る評価を加えた輸送量・距離当たりの排出量を用いたほうが適当である。”との指針を示した。また、これまでに得られた実験結果をもとに“航行中の船舶から排出されるPM低減の指針”について検討するとともに、DPF、使用する燃料油、航行速度によるPM低減効果について検討した。

以上、A重油及びC重油を燃料油とする船用ディーゼル機関から排出されるPMの計測手法の確立から、その計測手法を用いた実船試験を含む多種船用ディーゼル機関のPM排出特性の解明、PMの成分分析と船用ディーゼル機関の燃焼解析に基づくPMの生成機構解明、船用ディーゼル機関から排出されるPMの低減という社会が求める実用的な研究を有機的に結合させ、我が国に欠かすことのできない海上輸送の原動力を担う船用ディーゼル機関から排出されるPMの地球規模的な低減に貢献するという点が本研究の特徴である。